

Conférence-débat virtuelle sur la géodésie burkinabè

■ Augustin BAMOUNI - Halidou NAGABILA

Le jeudi 3 septembre 2020 de 16h à 18h UTC, l'Ordre des géomètres-experts du Burkina (OGEB) a organisé sur la plateforme Zoom, une conférence-débat en ligne sur la géodésie burkinabè. Le thème de cette conférence était "Les systèmes géodésiques au Burkina Faso des années 1950 à nos jours, quelles solutions pour une harmonisation des références spatiales ? Défis et enjeux". L'objectif principal visé à travers cette conférence était de permettre aux différents acteurs des sciences géographiques de pouvoir échanger et partager leurs expériences sur les évolutions successives qu'a connues la géodésie au Burkina Faso.

MOTS-CLÉS

Burkina Faso, OGEB, IGB, ITRF2008, Adindan P58, BFTM, BF-CORS, géodésie, GNSS

importe de noter la participation de l'Association francophone de topographie (AFT) représentée par sa présidente, Mme Françoise Duquenne et le rédacteur en chef de la revue XYZ, M. Bernard Flacelière.

Déroulement et chronogramme de la conférence

Afin d'assurer la réussite de la conférence, le Conseil national de l'ordre a mis en place un comité scientifique *ad hoc* de huit personnes issues aussi bien de l'Ordre des géomètres-experts que de l'administration publique. Deux membres de la communauté des sciences géographiques ont été désignés comme modérateurs. Il s'agit de M. André Bassolé (expert en géomatique, ancien directeur général de l'IGB) et M. Hamidou Laura (géomètre-expert, vice-président de l'Ordre).

Introduction

Le Burkina Faso (Pays des hommes intègres) est un pays sahélien situé en plein cœur de l'Afrique de l'Ouest. Il a une superficie d'environ 274 200 km² et une population estimée aujourd'hui à plus de 20 millions d'habitants.

La géodésie burkinabè a hérité d'une infrastructure géodésique mise en place par le Service géographique de l'Afrique-Occidentale française (AOF). Avec l'avènement des techniques et technologies de positionnement par satellites, une mutation des pratiques est en cours depuis plus d'une dizaine d'années au Burkina Faso au sein des services techniques de l'administration publique, des cabinets de géomètres-experts et des bureaux d'études.

L'Ordre des géomètres-experts du Burkina (créé en mai 2010) a perçu depuis quelque temps un besoin réel d'échange et d'harmonisation des pratiques au sein des différents acteurs des sciences géographiques. Cette conférence-débat autour de la géodésie, qui est intervenue dans le contexte de la pandémie de la COVID-19, se veut être les prémices de nombreux échanges et conférences à venir pour une meilleure vulgarisation des bonnes pratiques dans les sciences géographiques au Burkina Faso.

Le Conseil national de l'ordre a sollicité M. Halidou Nagabila, directeur général

de l'Institut géographique du Burkina (IGB) pour animer cette conférence. M. Nagabila est ingénieur géomètre diplômé de l'École nationale d'ingénieurs (ENI) de Bamako au Mali et de l'École nationale des sciences géographiques (ENSG) en France.

La conférence a permis de réunir en ligne plus d'une quarantaine de participants d'horizons divers (Burkina Faso, Gabon, Sénégal et France). Il



Figure 1. Station astronomique installée par le Service géographique de l'AOF dans la commune rurale de Tita, région du Centre-Ouest.



Le chronogramme suivant a été suivi pour le déroulement de la conférence :

15h45-16h00	Connexion/accueil des participants sur la plateforme Zoom
16h00-16h10	Introduction de la conférence par les modérateurs et mot de bienvenu du président de l'Ordre (M. Abdou Karim Tiedrebeogo)
16h10-16h15	Présentation du conférencier par les modérateurs
16h15-16h45	Communication du conférencier
16h45-17h50	Discussions
17h50-18h00	Synthèse des échanges par les modérateurs et mot de clôture par le président de l'Ordre

Tableau 1. Chronogramme de la conférence.

Contenu de la communication

La communication délivrée par le conférencier a été axée sur quatre points.

■ Point 1 : un rappel historique

Du rappel historique sur la couverture du pays en infrastructure géodésique, il ressort que, dès 1922, un ensemble de bornes astronomiques avaient été établies par le Service géographique de l'Afrique-Occidentale française (AOF) comme base de la cartographie. Puis, entre 1966 et 1970, un réseau de bornes de polygonation du 12^e parallèle a été établi pour la réalisation d'un réseau géodésique national appelé Adindan Point 58. Le réseau Adindan a pour ellipsoïde Clarke 1880 (anglais) et pour point fondamental le 58^e point de la polygonation du 12^e parallèle qui se trouve dans le Dallol Maouri en République du Niger. Il s'agit d'un réseau bidimensionnel constitué par les bornes astronomiques et les bornes de polygonation du 12^e parallèle.

Le pays est traversé du Nord au Sud par le méridien international qui constitue la limite entre les zones UTM 30 et UTM 31. Les projections cartographiques UTM 30 N et UTM 31 N sont utilisées pour le passage des coordonnées géographiques aux coordonnées planes.

Au niveau de l'altimétrie, l'IGN France a effectué des travaux de nivellement entre 1953 et 1958 pour la couverture du pays par le Nivellement général de l'Afrique-Occidentale française (NGAO1958).

Le NGAO couvrant le pays était constitué d'un réseau dit de premier ordre de 1 637 km de long et d'un réseau de second ordre de 876 km. Le point fondamental du NGAO1958 se situe au puits



Figure 2. Repère de nivellement du NGAO1958 dans le Sud-Ouest.

de Dakar, au Sénégal, dans le puits du marégraphe.

Il est à noter que l'Institut géographique du Burkina (www.igb.bf) a été créé en 1976 avec le soutien des Pays-Bas pour accompagner l'État du Burkina Faso (autre fois appelé Haute-Volta) dans la connaissance et le contrôle de son territoire. L'IGB va alors initier un ensemble de partenariats techniques et financiers

avec plusieurs pays et institutions à travers le monde.

Un savoir-faire en sciences géographiques se mettra progressivement en place au Burkina Faso sous la direction de l'IGB. Plusieurs missions photogrammétriques sont conduites par l'IGB aussi bien pour le Burkina Faso que pour certains pays de la sous-région qui ne disposaient pas encore de ressources techniques et humaines en matière d'informations géographiques.

Le conférencier a ensuite rappelé qu'entre 1981-1986, dans le cadre d'un essai d'unification des réseaux géodésiques à l'échelle du continent, une campagne d'établissement de points *Doppler* dénommée ADOS (*African Doppler Survey*) a été conduite et quatre de ces points ont été établis au Burkina Faso. Sur la même période environ, le réseau géodésique a connu une densification par des canevas de détails à la faveur du projet de la cartographie au 1/50 000^e des bassins versants des principaux fleuves du Burkina.

■ Point 2 : les travaux de la période 1996-1998

Le deuxième point de la communication a porté sur la période de 1996 à 1998, durant laquelle le Burkina Faso a fait basculer sa géodésie dans l'ère spatiale. Dès 1996 (soit une année après que l'ar-



Figure 3. Carte NGAO1958 du réseau de 1^{er} ordre et du réseau de 2^e ordre.



mée américaine ait déclaré la capacité opérationnelle complète du système GPS), avec l'accompagnement de la coopération suisse (École polytechnique fédérale de Lausanne - EPFL, Office fédéral de la topographie et le bureau Brahier-Lachat), le Burkina Faso réalisait son premier réseau géodésique à l'aide de la géodésie spatiale. Il s'agit du réseau de premier ordre du Burkina Faso, constitué de cinquante-cinq bornes GPS réparties sur l'ensemble du pays. Les travaux avaient démarré en 1996 et se sont achevés en 1998 avec une mise à disposition des fiches signalétiques des cinquante-cinq bornes.

Le réseau avait été rattaché à l'ITRF1994 à travers la station MASP (Maspalomas, île de Grande Canarie) du réseau de l'International GNSS Service (IGS). La précision de ce réseau de premier ordre était de l'ordre de 2 cm en planimétrie et de 3 cm en altimétrie. Pour les coordonnées planimé-



Figure 4. Borne GPS N° 13 du réseau géodésique national de 1^{er} ordre (dimensions 1 m x 1 m x 1 m).

triques, les projections cartographiques UTM 30 N et UTM 31 N ont été utilisées. Parallèlement, entre 1997 et 2017, l'IGB a entrepris de densifier le réseau géodésique national en réalisant un réseau géodésique de deuxième ordre, constitué de 704 bornes et couvrant l'Ouest, le Centre et le Nord du pays.

Aussi, à partir de 2006, l'IGB a entamé la réhabilitation et la densification du NGA01958 sur tout le pays. Plus de 3 200 km de réseau de nivellement de premier ordre ont été réalisés avec une précision de 2 mm/km.

■ Point 3 : les travaux de la période 2010 à 2012

Le troisième point de la communication a porté sur la période de 2010 à 2012 durant laquelle le Burkina Faso a bénéficié d'un financement du peuple américain dans le cadre du *Millennium Challenge Account* (MCA), dont l'un des volets importants a porté sur la sécurisation foncière. Ce programme a permis au Burkina Faso de faire avancer considérablement sa géodésie, notamment en effectuant un certain nombre de réalisations. En effet, afin de faciliter le rattachement des chantiers sur tout le pays, en quelques deux années, le Burkina Faso a pu mettre en place des bornes géodésiques dites bornes communales (BC) avec, sur chacune, deux références azimutales dans chacune des 350 communes du pays.



Figure 6. Borne communale N° 42071 située à Ouahigouya dans la région du Nord (dimensions 60 cm x 60 cm x 60 cm).

Les références azimutales sont connues aussi bien en coordonnées planes qu'en gisement et peuvent être stationnées. 700 bornes communales et 1 400 références azimutales ont été réalisées.

Par ailleurs, dans le cadre du même financement, neuf stations permanentes GNSS avec un centre de calculs ont été déployées sur le pays pour faciliter davantage les travaux de sécurisation foncière et de géoréférencement. Le réseau a été baptisé *BF-CORS Burkina Faso Continuously Operating Reference Stations* (www.bfcors.net). Les calculs ont été effectués par l'université de technologie de Darmstadt en Allemagne et les coordonnées déterminées en ITRF2008 (époque 2011.7205) à une précision de quelques millimètres. De fait, ce réseau constitue le réseau d'ordre zéro du Burkina Faso et assure l'accès à la référence géodésique nationale.

Sur le plan réglementaire, trois décrets ont été adoptés en mai 2012 afin d'encadrer juridiquement les pratiques en topographie, en géodésie et en cartographie et aussi accompagner les mutations en cours dues aux évolutions technologiques.

Il s'agit des décrets suivants :

- **Le Décret N° 2012-443/PRES/PM/MHU/MID/MEF portant adoption d'un référentiel géodésique et altimétrique au Burkina Faso.**

Ce décret institue officiellement l'ITRS comme référentiel au Burkina Faso, avec comme réalisation l'ITRF2008 @ 2011.7205 et aussi le NGA01958 comme réseau altimétrique officiel du Burkina.



Figure 5. Carte de la réhabilitation et de la densification du NGA01958 par l'IGB.

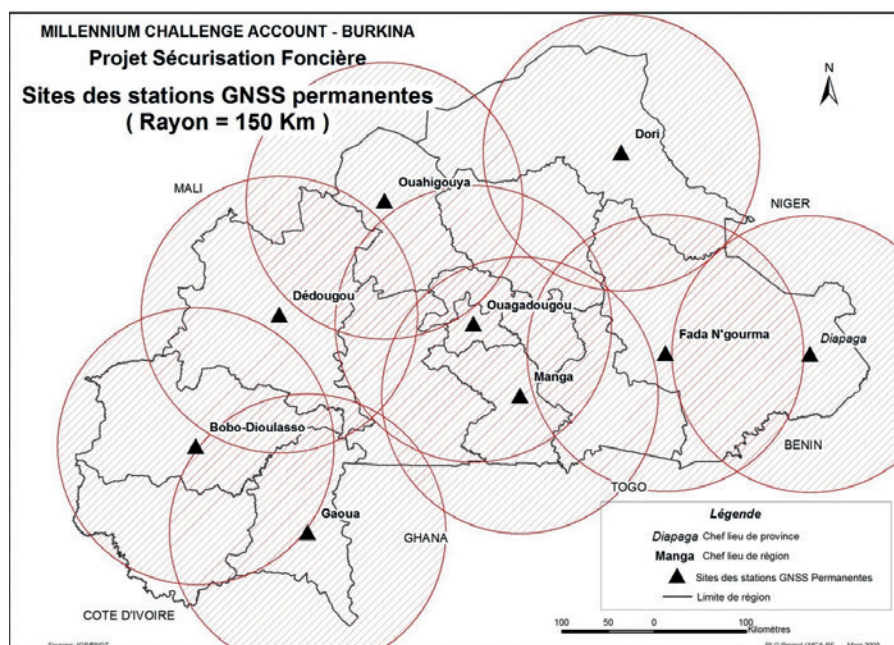


Figure 7. Carte de la couverture initiale du réseau BF-CORS (www.bfcors.net).

Paramètres de la projection BFTM (<i>Burkina Faso Transverse Mercator</i>)	
Type de projection	Transverse Mercator (TM)
Latitude origine	00°00'00,00000"
Méridien central	01°30' Ouest Greenwich
E0	600 000 m
N0	0 m
Échelle sur le méridien central	0,9996

Tableau 2. Paramètres de la projection BFTM.

Aussi, une nouvelle projection cartographique baptisée BFTM (*Burkina Faso Transverse Mercator*) est définie et adoptée comme projection officielle unique du Burkina Faso en remplacement des projections UTM 30 N et UTM 31 N qui ne facilitaient pas la conduite de chantiers ou projets à cheval sur les deux zones UTM. La projection BFTM est une projection UTM modifiée dont le méridien central et l'origine des coordonnées ont été ajustés afin de faire tenir le pays sur une seule zone UTM.

• **Le Décret N° 2012-444/PRES/PM/MHU/MID/MEF/MATDS portant normes applicables aux travaux topographiques et cadastraux au Burkina Faso :**

Ce décret vient ainsi consacrer le principe d'obligation de résultat et non de moyen pour les acteurs des sciences géographiques au Burkina Faso. Il impose des tolérances, des précisions et aussi des procédures pour la normalisation des différents travaux.

• **Le Décret N° 2012-445/PRES/PM/MHU/MID/MEF/MATDS portant protection des ouvrages géodésiques et topographiques au Burkina Faso.**

Ce décret vient renforcer le cadre réglementaire et les dispositions existantes pour la protection des ouvrages de topographie et de géodésie.

Aussi, en 2017 le réseau BF-CORS est passé à treize stations GNSS, l'IGB ayant entrepris de le densifier autour de la capitale Ouagadougou avec quatre nouvelles stations afin d'offrir des services temps réels aux utilisateurs.



Figure 8. Station GNSS du réseau BF-CORS.

■ **Point 4 : difficultés de la géodésie burkinabè**

Le quatrième point de la communication a porté sur un état des lieux des difficultés de la géodésie burkinabè et les défis à relever pour une harmonisation des réseaux géodésiques au Burkina Faso. Le conférencier a fait principalement ressortir la difficulté liée à la coexistence de plusieurs réseaux géodésiques sur le territoire burkinabè :

- **Le réseau Adindan Point 58** : réseau bidimensionnel ayant pour ellipsoïde Clarke 1880 (anglais) et pour point fondamental le point 58 (situé au Niger) de la polygonation du 12^e parallèle. Il est constitué par un ensemble de bornes astronomiques et par le réseau des bornes de triangulation (non réobservées par géodésie spatiale).
- **Le réseau de 1^{er} ordre** : Constitué de cinquante-cinq bornes déterminées en ITRF1994 sans précision sur l'époque de réalisation.
- **Le réseau 1 de 2^e ordre** : constitué de 704 bornes déterminées à partir des bornes du réseau géodésique de premier ordre.
- **Le réseau 2 de 2^e ordre** : constitué de quatre-vingt-quatorze bornes communales avec chacune deux références azimutales, établies dans les communes pilotes du projet MCA. Ces bornes ont été déterminées en ITRF2005 de façon hétérogène et sans précision sur l'époque de réalisation.
- **Le réseau 3 de 2^e ordre** : constitué par environ 606 bornes communales avec chacune deux références azimutales, déterminées en ITRF2008 sans précision sur l'époque de réalisation.
- **Le réseau BF-CORS, réseau d'ordre zéro** : déterminé en ITRF2008 @ 2011.7205 (époque du 21 septembre 2011). Ce réseau est actuellement constitué de treize stations permanentes GNSS avec un centre de calculs (constitué de deux serveurs) installé dans les locaux de l'IGB à Ouagadougou.
- **Les réseaux dits fictifs** : ils sont les plus nombreux. Ils ont été utilisés dans la plupart des aménagements et des chantiers. Dans le meilleur des cas, ils ont été construits à partir de deux points relevés rapidement au GPS de navigation afin d'orienter approximativement le lever.



La question de l'harmonisation des réseaux géodésiques avec la nouvelle référence nationale devient de plus en plus cruciale, d'autant que des projets importants de cadastre fiscal et de sécurisation foncière à l'échelle du pays sont actuellement en phase d'étude. L'unicité du réseau géodésique pour tous les acteurs et la superposition des données géographiques deviennent des préoccupations majeures, aussi bien pour les services techniques de l'État en charge du contrôle technique des travaux que pour les acteurs du privé qui, de plus en plus, sont équipés en matériels GNSS modernes. Aussi, presque dix années après l'adoption des trois décrets, leur mise en œuvre n'est pas encore totalement effective sur le terrain.

Les défis de la géodésie burkinabè

Le conférencier a ensuite abordé les défis de la géodésie burkinabè pour lesquels il a fait cas de quatre défis majeurs.

Le premier défi majeur porte sur la détermination des paramètres de transformation entre systèmes. Il faudrait que très vite le Burkina Faso enclenche un processus de détermination des paramètres de transformation entre les anciens systèmes de coordonnées et la référence nationale. Cela nécessite, dans un premier temps, un inventaire détaillé de l'ensemble des réseaux géodésiques dans tout le pays puis, dans un second temps la réalisation de travaux pour la détermination des paramètres et le basculement des anciennes données dans le nouveau système.

Le deuxième défi majeur vise à la densification du réseau géodésique national. Il s'agira pour le Burkina Faso d'aller vers la réalisation d'un réseau de 3^e ordre afin de faciliter davantage l'accès à la référence nationale.

Le troisième défi porte sur l'établissement d'un réseau gravimétrique national afin de soutenir le réseau altimétrique NGA01958 dans le cadre de la détermination d'un modèle de géoïde de grande précision au Burkina Faso. Il est à rappeler que depuis 2017, l'IGB a entamé un processus de réalisation d'un modèle de géoïde au Burkina

Faso, dont la première phase avait consisté en une étude de faisabilité. Des réflexions sont toujours en cours pour le passage aux phases suivantes qui vont aboutir à des travaux de terrain et de calculs pour la réalisation d'un modèle de géoïde national.

Le quatrième défi vise à la réalisation sur le territoire burkinabè des quatre bases fondamentales de la géodésie moderne dans le cadre de la coopération internationale. Il s'agira pour le Burkina Faso de rechercher les partenariats et les moyens nécessaires pour la réalisation d'une base VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*), d'une base DORIS (*Doppler Orbit determination and Radiopositioning by Satellite*), d'une base SLR (*Satellite Laser Ranging*) et d'une station GNSS IGS.

Il est aussi à noter que déjà, dans le cadre de la coopération avec l'IGS, une des stations GNSS (BF01) du réseau BF-CORS est en cours d'intégration dans le réseau de stations GNSS de l'IGS.

À la suite de la présentation, ce fut le quatrième point de la conférence, qui a porté sur les débats et les échanges. Les modérateurs ont recueilli près d'une dizaine de questions et contributions des participants. Les principales préoccupations ont porté sur le développement rapide d'un modèle de géoïde national pour les travaux de génie civil, l'historique des réseaux existant avant les années 1990, la genèse du premier réseau de cinquante-cinq bornes GPS réalisé à partir de 1996 et la coordination de l'ensemble des efforts pour une harmonisation des différents réseaux géodésiques.

Conclusion

La conférence virtuelle organisée par l'Ordre des géomètres-experts a été une première et une réussite. Elle a permis à plusieurs acteurs des sciences géographiques de pouvoir échanger autour de la géodésie burkinabè.

Le besoin d'échanges et d'harmonisation des techniques et pratiques autour de la géodésie, aussi bien au sein des acteurs du privé que de l'administration publique, est de plus en plus fort.

La mise en place de groupes de travail sous les conduites de l'IGB et de l'Ordre des géomètres-experts sur les difficultés

des sciences géographiques et de la géodésie, en particulier au Burkina Faso permettra sans doute de faire avancer les choses.

Aujourd'hui, la profession attire et de plus en plus de jeunes s'y intéressent. Il existe trois grandes écoles d'ingénieurs au Burkina Faso qui forment aux diplômes de technicien supérieur et d'ingénieur géomètre-topographe. Progressivement, un écosystème d'acteurs actifs dans les sciences géographiques est en train de se constituer et nous espérons qu'il permettra au Burkina Faso de prendre toute sa place dans le concert des nations autour d'une géodésie mondialisée. ●

Contacts

Augustin BAMOUNI Géomètre-expert - directeur général du cabinet GEOIDE
augustin.bamouni@yahoo.fr

Halidou NAGABILA Directeur général de l'institut géographique du Burkina
hnagabila_h@yahoo.fr

Claude Obin TAPSOBA Géomètre-expert - directeur général du cabinet CONTRA-GEO
claudiobin@gmail.com

Abdoulaye BELEM Directeur exécutif adjoint Institut régional africain des sciences et technologies de l'information géospatiale (AFRIGIST) - abdoulayebelem@gmail.com

Paul TAPSOBA Ingénieur civil géographe - consultant - tapsoba_p@yahoo.fr

André BASSOLE Expert en géomatique - directeur général du bureau CERPINEDD
bassoland@gmail.com

Ousseney TARNANGUIDA Géomètre-expert - directeur général du cabinet SCT
ousseneytar@yahoo.fr

ABSTRACT

On Thursday, September 3rd, 2020, from 4 p.m. to 6 p.m. GMT, Land Surveyors Organisation of Burkina Faso (OGEB) organized an online conference followed by a debate on Zoom platform on the experience of Burkina Faso in the field of Geodesy. The theme of this conference was "Geodetic systems in Burkina Faso from the 1950s to date, what solutions for a harmonization of spatial references challenges and issues".

The main objective of this conference was to enable the various actors in geomatics to be able to exchange and share their experiences on Burkina Faso's geodesy.